

Al₂O₃ 成膜によるマイクロポア壁面の表面電荷の調整

Fine tuning pore surface charge coating with extremely thin Al₂O₃ layer

阪大産研¹ ○林田 朋樹, 筒井 真楠, 谷口 正輝

ISIR, Osaka University¹, ○Tomoki Hayashida, Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi

E-mail: tomoki.hayashida32@sanken.osaka-u.ac.jp

1. 緒言

ポアデバイスを用いた単一粒子検出は、迅速・超高感度な生体粒子検出法として注目されている。電解質溶液中の粒子が電気泳動によって細孔(ポア)を通過する際に、粒子が占めるポア内部の体積分だけ電解質イオンが排除され、その結果生じるイオン電流変化を計測することで、1 粒子の検出・識別が可能である。^[1]しかし、従来のSi₃N₄及びSiO₂ポアセンサでは、ポア外壁が負に帯電することから、計測時にポア内に生じる電気泳動と反対方向の電気浸透流の影響により、検出対象粒子を通過させることが困難になるという問題があった。電気浸透流が粒子の泳動を妨げ、検出の障害となる。そこで、本研究では極薄アルミナ(Al₂O₃)膜の厚みによってポア外壁表面の電荷状態を精密制御し^[2]、泳動時の粒子ダイナミクスへの影響を検証した。

2. 実験

Si₃N₄ 膜(厚さ 50 nm)に半径 1.2 μm のマイクロポアを電子線描画法及びエッチングにより形成した。その後、ALD を用いて Al₂O₃ 膜を 1 nm~20 nm の範囲で成膜した。電解質溶液として 0.1 ×PBS を、計測粒子としてφ0.78 μm カルボキシ基修飾ポリスチレン粒子を使用した。Ag/AgCl 電極をポアの上下に配置し、直流電圧の印加によってイオン電流計測を行った。また、ゼータサイザー(Malvern Panalytical)を用いて Si₃N₄/Al₂O₃ 表面ゼータ電位を測定した。

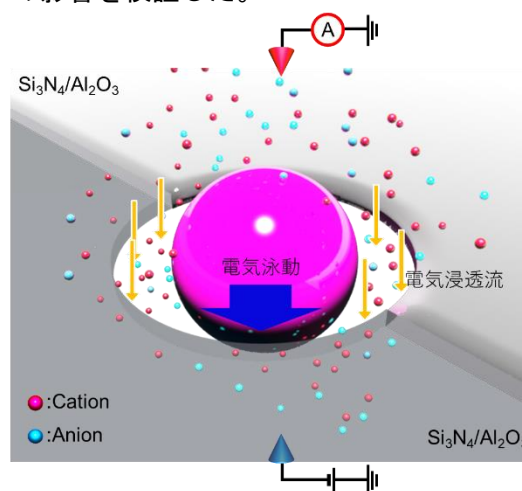


Fig.1 Charge state control of Si₃N₄ pore surface by extremely thin Al₂O₃ thickness

3. 結果と考察

Al₂O₃の等電点はおおよそ9程度であることから、イオン電流計測条件であるpH 7付近の電解質溶液中において、Al₂O₃膜厚によらず、Al₂O₃表面(ナノポア壁面)は正に帯電することが予測された。しかし、Si₃N₄/Al₂O₃表面ゼータ電位から、ポア表面の電荷状態はSi₃N₄表面の負電荷の影響を受けながら、被膜したAl₂O₃の厚さによって数mV以下の精度で正寄りに変化することが分かった。Si₃N₄/Al₂O₃複合層の表面電荷状態は、母材(Si₃N₄)及び表面原子層(Al₂O)の表面電荷の影響を受け変化するため、原子層の膜厚を制御することにより表面電位を精密制御することが可能となる。

[1] M. Tsutsui, S. Hongo, Y. He, M. Taniguchi, N. Gemma, T. Kawai, *ACS Nano*, **6**, 4 (2012).

[2] P. Chen, T. Mitsui, D. B. Farmer, J. Golovchenko, Roy. G. Gordon, D. Branton, *Nano letters*, **4**, 7 (2004)